



Литература

1. Романов, В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учеб. пособие / В.П. Романов; под ред. д.э.н., проф. Н.П. Тихомирова. — М.: Экзамен, 2003. — 496 с.
2. Рамбо, Дж. UML/ Дж. Рамбо, А. Якобсон, Г. Буч: специальный справочник— СПб.: Питер, 2002. - 656 с.

М.В. Бураков

КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПИД-ТИПА

(Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения)

Понятие «интеллектуальные регуляторы» обычно ассоциируется с нечеткими или нейронными регуляторами. Нечеткие логические регуляторы (НЛР) используют для реализации закона управления правила, связывающие нечеткое описание ситуации и сигнал управления ([1, 2] и другие). НЛР могут использоваться для организации контура адаптации в системе, управляя параметрами регулятора нижнего уровня [3, 4], но обычно они включаются последовательно с объектом управления, являясь нелинейным корректирующим звеном. Основная проблема использования НЛР заключается в отсутствии простых методик их настройки. В данной работе предлагается универсальный алгоритм для решения этой проблемы.

В промышленности нечеткие регуляторы пока не могут конкурировать с традиционными ПИД-регуляторами, причиной популярности которых является простота построения и использования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость [5, 6].

Однако существующие методы расчета параметров ПИД-регуляторов ориентированы на линейные системы, поскольку сам регулятор является здесь линейным динамическим звеном. Стремление к улучшению качества работы ПИД-регуляторов привело к появлению НЛР «ПИД-типа» ([7, 8] и другие). Это название подчеркивает, что регулятор получает такие же входные сигналы, что и обычный ПИД-регулятор, но реализует более сложный нелинейный алгоритм управления.

Для обоснования алгоритма конструирования НЛР ПИД-типа рассмотрим закон управления, реализуемый линейным ПИД-регулятором:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $e(t)$ – ошибка управления, k_p , k_i , k_d – коэффициенты, выбираемые в процессе проектирования.



Формула (1) содержит три слагаемых, поэтому НЛР должен иметь три входа. Если, например, для каждого входа выбрать лингвистические переменные с семью термами, то количество потенциальных нечетких правил с тремя посылками оказывается равно 343. Настройка такой сложной конструкции вызывает большие проблемы. Задачу синтеза НЛР ПИД-типа можно значительно упростить, если реализовать регулятор как сумму выходных сигналов трех независимых НЛР: П-типа, Д-типа и И-типа (рис. 1, где N_p , N_d , N_i – блоки нормализации, DN_p , DN_d , DN_i – блоки денормализации). Блоки нормализации служат для приведения входного сигнала к диапазону $[-1, 1]$.

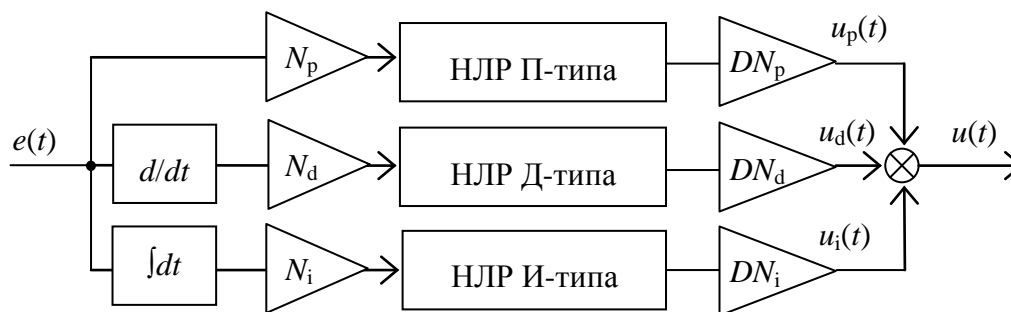


Рис. 1. Вариант структуры НЛР ПИД

Для структуры рис. 1 при использовании 7 термов для каждой переменной отдельный регулятор использует только 7 правил, заключения которых требуется оптимизировать.

Представление НЛР ПИД-типа структурой рис. 1 позволяет наглядно описать закон управления каждого из трех компонентов в виде некоторой нелинейной функциональной зависимости, вид которой требуется определить в процессе конструирования регулятора.

Алгоритм конструирования НЛР ПИД-типа может быть описан как последовательность следующих шагов:

1. Синтезируется линейный ПИД-регулятор, параметры которого k_P , k_i , k_d , будут играть роль коэффициентов денормализации в структуре рис. 1.
2. Настраиваются нелинейные функциональные зависимости, описывающие нечеткий закон управления по каждой из трех входных переменных.

Таким образом, на первом шаге получаются базовые коэффициенты усиления, а на втором шаге – дополнительные коэффициенты усиления, нелинейно зависящие от входного сигнала.

Рассмотрим простой пример использования этого алгоритма. Пусть объект управления представляет собой передаточную функцию с нелинейностью типа «ограничение» (рис. 2).

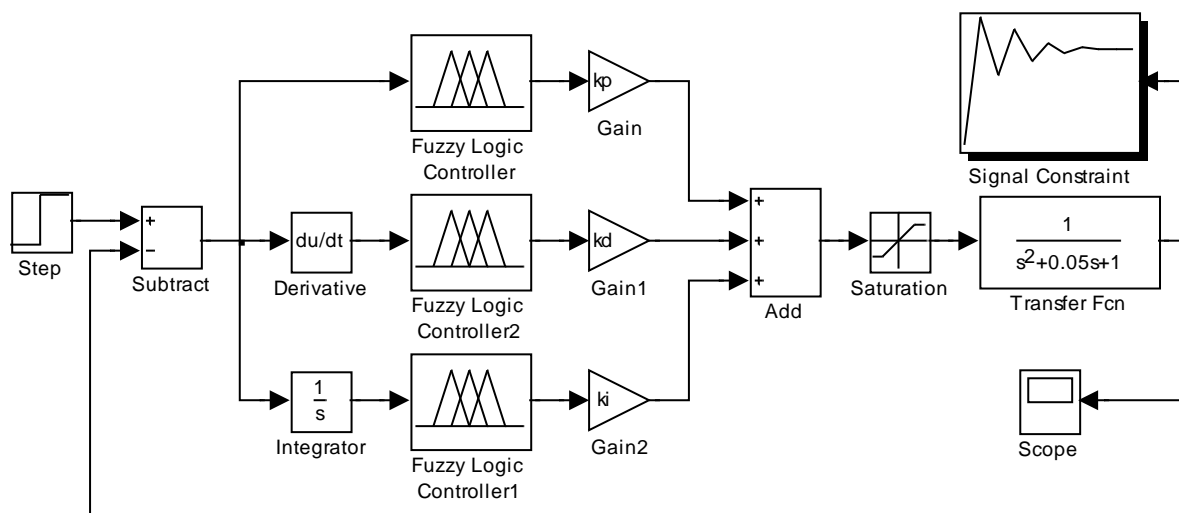


Рис. 2. Схема моделирования в *MatLab Simulink*

На первом этапе все три НЛР (*fuzzy logic controller*) настраиваются как линейные динамические звенья с единичным коэффициентом усиления, т. е. просто пропускают входной сигнал. С помощью блока оптимизации *Signal Constraint* определяются коэффициенты k_p , k_i , k_d . Затем эти коэффициенты полагаются постоянными, и на втором этапе настраиваются параметры НЛР. При семи правилах управления каждый НЛР требует настройки 4-х параметров [2]. Эффективным инструментом решения этой задачи является генетический алгоритм.

Как показывает рис. 3, нелинейный закон управления НЛР ПИД-типа позволяет значительно уменьшить перерегулирование и время переходного процесса.

Таким образом, замена линейного ПИД-регулятора на НЛР ПИД-типа позволяет получить реальные преимущества при управлении динамическими объектами. Описанный двухшаговый алгоритм проектирования НЛР ПИД-типа отличается простотой и может быть использован, если имеется описание объекта управления в виде модели Гаммерштейна – с выделенной линейной динамической и нелинейной статической частью. Подобные модели часто используются при описании систем электропривода. Аппаратная реализация НЛР на базе современной микропроцессорной техники не вызывает принципиальных трудностей.

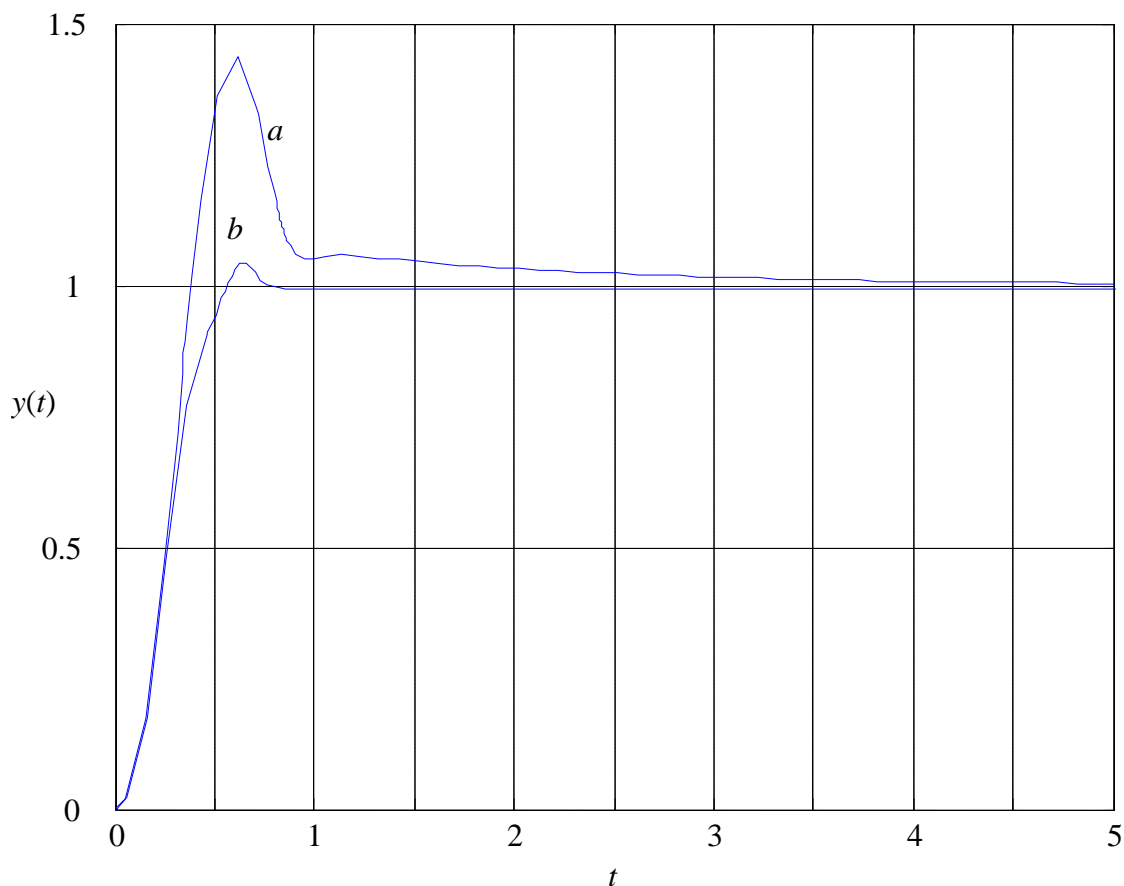


Рис. 3. Переходные процессы в системе под управлением
ПИД-регулятора (a) и НЛР ПИД-типа (b).

Литература

1. Passino, K. M. Fuzzy control / Passino K. M., Yurkovich S. :Addison Wesley Longman, Inc. 1998. 500 p.
2. Бураков, М. В. Нечеткие регуляторы: учеб. пособие / М. В. Бураков; ГУАП. СПб., 2010 г. 237с.
3. Ketata, R. Fuzzy Controller: Design, Evaluation, Parallel and Hierarchical Combination with a PID Controller / R. Ketata et al // Fuzzy Sets and Systems, Vol. 71, pp. 113 - 129. 1995.
4. Бураков М.В., Манов С.А. Нечеткое супервизорное управление электромотором // Сб. докл. «Завалишинские чтения'10», ГУАП. 2010г. С.60-66.
5. Олссон Г., Пьяни Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. СПб, 2001. 577 с.
6. Astrom, K. J. Advanced PID control / Astrom, K.J., Hagglund T.: ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society), 2006. 460 p.
7. Zhao G., Shen Y., Wang Y. Fuzzy PID position control approach in computer numerical control machine tool // Journal of computers, vol.8, №3. 2013. pp. 622 – 629.
8. Hu B. G., Mann G. K., Gosine R. G. A Systematic Study of Fuzzy PID Controllers—Function-Based Evaluation Approach // IEEE Transactions on fuzzy systems, vol. 9, № 5, 2001. 699 – 712.